



ЗРГИМ
Здружение на
рударски и
геолошки инженери
на Р. Македонија

VI^{TO} СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:
Технологија на подземна и површинска експлоатација на
минерални сировини

ПОДЕКС – ПОВЕКС '12

Штип
23 – 24. 11. 2012 год.

КРИТЕРИУМИ ЗА ОЦЕНКА НА ПОТРЕСИ И БЕЗБЕДНОСНИ РАСТОЈАНИЈА ПРИ МИНИРАЊЕ

CRITERIA FOR EVALUATION ON STRESSES AND SAFETY DISTANCE AT BLASTING

**Ристо Дамбов¹, Тодор Делипетров¹, Слободан Трајковиќ²,
Слободан Стојанов³, Илија Дамбов³**

*¹Универзитет “Гоце Делчев”, Факултет за природни и технички науки, Институт
за рударство, Штип, Р. Македонија*

²Рударско – Геолошки факултет, Београд, Србија

³Рудник „Бучим“, Радовиш, Р. Македонија

Апстракт: Со заострување на еколошките барања и законските прописи за заштита на околината и почитување на приватната сопственост, примената на масовните минирања е ограничена и во строги рамки.

За таа цел се наметнува потребата од контрола, мерење и регулирање (колку е тоа можно) на осцилациите на тлото и сеизмичките потреси предизвикани од овие појавени осцилации како ефект од експлозијата при минирање.

Сеизмичките и другите ефекти кои се предизвикани од детонација на одредено количество на експлозив, зависни се од поголем број на фактори, од кои најзначајни меѓу нив се: методата на минирање, растојанието од местото каде се минира, количеството на експлозивот, од типот на експлозивот, начинот на иницирање на серијата, конструкцијата на експлозивот во дупчотините, физичко - механичките карактеристики на карпестиот масив, структурните карактеристики на карпестиот масив итн.

Клучни зборови: минирање, експлозија, осцилации, безбедно растојание.

1. ВОВЕД

Енергијата која се создава при експлозија на одредено количество на експлозив ги раздробува и крши карпестите маси, формира пукнатини и различни деформации во околниот карпест масив. Околу самото место на минирање и во поодалечените зони предизвиканиот детонациски бран, предизвикува еластични деформации концентрично распоредени околу зоната на минирање.

Овие (сеизмички) бранови поминувајќи низ карпестиот масив предизвикуваат осцилации на честичките од тлото и на околните градежни објекти.

Минирањата кои се изведуваат на површинските и подземните копови, предизвикуваат различни ефекти на околината во поглед на интензитетот на потресите, воздушните удари и разлетување на парчиња од минираната карпеста маса.

Овие негативни ефекти може да предизвикаат опасни последици по луѓето и објектите. За заштита од штетните ефекти воведени се стандарди, критериуми и ограничувања за интензитетот на овие ефекти а пред се на дозволениот интензитет на потреси на тлото на одредено растојание од минските серии.

2. КРИТЕРИУМИ И ПРОЦЕНКА НА ШТЕТИТЕ ПРИ МИНИРАЊЕ

За одредување на степенот на штетно делување на создадените потреси на градежните објекти и човекот се користат критериуми кои во претходните периоди на истражувања се дадени од повеќе автори.

Во повеќето држави се донесени прописи со кои се регулира нивото на потреси кои се предизвикуваат со минирање а кое може да ги оштети објектите во зависност од нивната градба, значење и динамичка отпорност.

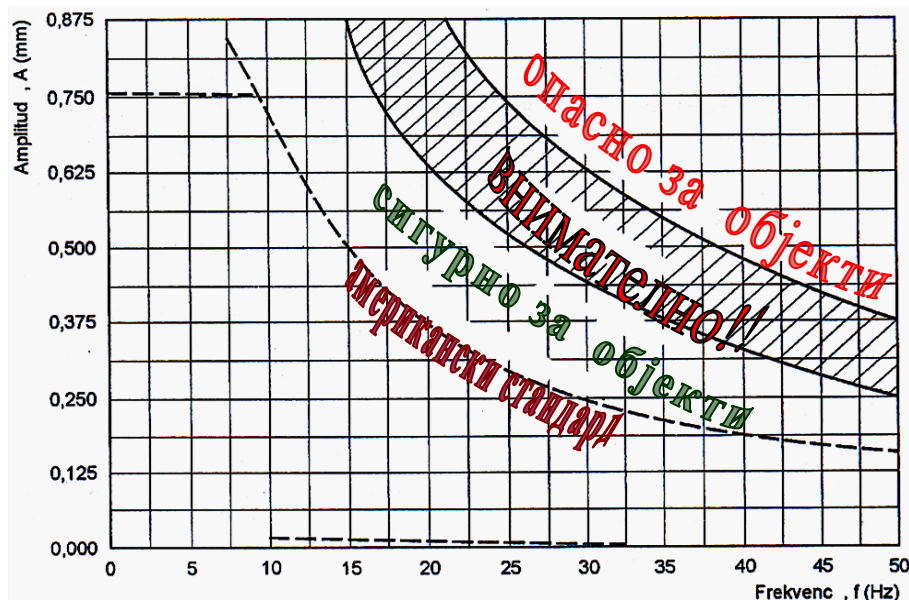
Врз основа на резултатите од бројни резултати на набљудување на различни објекти, кои се поткрепени со потреси од минирањето, Грандели го вовел односот помеѓу коефициентот на енергијата (K_c) и оштетувањето на објектите:

ако $K_c < 20$ - нема оштетување на објектите;

ако $K_c < 40$ - може да дојде до оштетување само кај старите објекти;

ако $K_c > 40$ - може да се очекува оштетување на објектот.

Врз основа на овие односи, конструиран е дијаграм за отчитување на сеизмичките дејства при минирање на објектите кој е прикажан на сликата подолу.



Слика 1. Дијаграм за оцена на сеизмичките дејства на минирањето на околните објекти

Овој дијаграм е направен за отчитување на сеизмичките дејства при минирањето, ако се регистрира (x) изразено во микрометри. Користењето на дијаграмот се состои во тоа што на осцилаторот се отчита амплитудата и

фреквенцијата на осцилирање, и добиената вредност се нанесе во дијаграмот. На тој начин се гледа во кој домен се наоѓа осцилацијата на објектот предизвикана од минирање и областа според критериумите.

2.1. Критериуми за оцена на потрес од минирање според светски стандарди

При изведување на минирања во околните објекти се настануваат процеси на осцилации. Ако тие сили не се големи, осцилациите имаат еластичен карактер и се во доменот само на еластични промени без значајно влијание. При минирање на одредена оддалеченост од објектот, во дното под објектот настанува осцилација во просторот. Сеизмичките бранови преку темелите на објектите предизвикуваат хоризонтални деформации изразени преку смолкнување, свиткување и еластични деформации во тлото под темелите на соодветниот објект. Пресметката на градежните објекти на сеизмичко дејство од минирање е аналоген на пресметката на објектите при дејство на земјотреси.

Интензитетот на потресот предизвикан од минирањето понекогаш се оценува преку скала која се користи во сеизмологијата и тоа најчесто со скалата Меракали - Канкани - Сиберг- ова скала попозната како **MCS** - скала.

2.1.1. Критериум на ИФЗ при Академија на науките - Русија

Руската скала за оцена на потресите предизвикани од минирање усвоена е во Институтот за физика - Академија на науките - Русија. Оцената на сеизмичкиот интензитет на потресот е претставен преку 12 степени и е дадена во табелата подолу.

Табела 1. Скала на сеизмички интензитет според ИФЗ - Русија

Брзина на осцилирање на дното (v), cm/s Speed of oscilation on the bottom, cm/s	Степен на сеизмичкиот интензитет (I) The degree of seismic intensity (I)	Опис на дејството Description of the action
до 0,20	I	Дејството се регистрира само со помош на инструмент.
0,20 - 0,40	II	Дејството се осеќа само во некои случаеви каде е потполна тишина
0,40 - 0,80	III	Дејството го осеќаат мал број на луѓе, или само оние кои го очекуваат.
0,80 - 1,50	IV	Дејството го осеќаат мал број на луѓе, се слуша тресење на прозорските стакла.
1,50 - 3,00	V	Осипување со малтер, оштетувања на зградите од слаби материјали
3,00 - 6,00	VI	Појава на мали пукнатини во малтерот, оштетување на зградите кои претходно имале развиени деформации
6,00 - 12,0	VII	Оштетување на зградите во добра состојба, пукотини во малтерот, делови од малтерот паѓаат, мали пукнатини во сидовите, рушење на оџаци.
12,0 - 24,0	VIII	Значителни деформации во градбите, пукнатини во носечките конструкции и сидови, паѓање на фабрички оџаци, паѓање на тавани.
24,0 - 48,0	IX	Рушење на градбите, големи пукнатини во сидовите, рушење на некои делови од сидовите.
повеќе од 48,0	X-XII	Големо разорување, рушење на цели конструкции, итн.

Како што може да се види од табелата 1, оштетувања на зградите т.е објектите настанува ако брзината на осцилацијата предизвикани од минирање го помине IV^{от} - степен на сеизмичката скала. Оштетување на зградите во слаба состојба може да настане при потрес на интензитетот од V степен на сеизмичката скала, додека кај зградите во добра состојба деформации може да се појават во текот на VII^{от} сеизмички степен.

Според ова, за процена на сеизмичките дејства при минирање на згради и други објекти, неопходно е да се земе во предвид и состојбата на објектите, карактеристиките на тлото, како и бројот на интервали и самиот начин на изведување на минирањето.

Дозволените брзина на осцилација кај градежните објекти (стамбени, индустриски и др.) зависи и од видот на објектот, неговото значење и намена.

Од табела може да се заклучи дека потресот, ако е со голем интензитет, предизвикува такви напони во карпестиот материјал да нејзините деформации ја поминуваат границата на еластичност и доаѓа до појава на дополнителни механички деформации. Имајќи го ова предвид, при повторни минирања во околната блиска средина неопходно е, за стабилноста на соодветниот објект во карпестиот масив, да се има предвид и пресмета т.н. **дозволена деформација**, која при еластичното однесување на карпите не смее да ја помине вредноста од **0,0002 - 0,0005**.

3. АНАЛИЗА НА ДОБИЕНИ НА РЕЗУЛТАТИ ОД СЕИЗМИЧКИ ИСПИТУВАЊА

Сеизмичките ефекти при минирање можат да се мерат на различни начини и во различни фази на истражување и експлоатација на рудникот.

Овие мерења прикажани во овој труд се вршени во фазата на редовна - нормална експлоатација а можат да бидат од интерес на самиот рудник поради присутните блиски населени места околу површинскиот коп и близината на значајни објекти како што се стационарната постројката за примарно дробење, машинската работилница, бензинската пумпа и др.

При истражувањата од оваа област највлијателни параметри се секако физичко - механичките карактеристики на карпестиот масив.

Мерните места се поставуваат според локацијата на минската серија и објектите што се лоцирани околу површинскиот коп.

Со приказ на резултатите добиени од мерењата и нивна анализа и обработка се добиени равенки според законот за осцилирање на тлото за соодветната работна средина и метода на минирање. Според овие релации се поставуваат корелации за функционалната зависност, степенот на поврзаност и меѓусебна зависност како и безбедносните растојанија во однос на сеизмичките потреси, детонаторскиот бран и др.

Според едновремената количина на експлозив која е иницирана направени се табеларни прикази во однос на растојанијата и брзината на осцилации. Според овие прикази може да се направи споредба со светските стандарди за проценка на штетите и востановат критериуми и стандарди кои би биле соодветни за овој површински коп и за било која друга работна средина и рудник.

3.1. Анализа на минска серија S-35

Минирањето на оваа серија S-35 е изведено на етажа 660/675 (во јаловина - гнајс) со следните дупчечко - минерски параметри (слика 2):

Број на мински дупкотини. 16 (распоредени во три неправилни редови)

Пречник на дупчење..... 250 mm

Количина на експлозив по дупчотина 300 kg

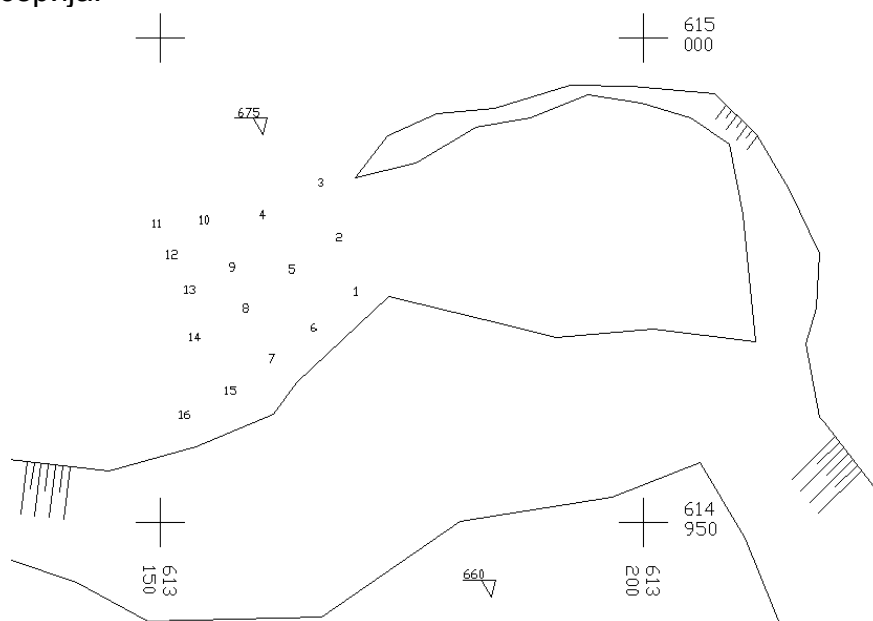
Тип на експлозив АН - ФО

Вкупен број на издупчени метри 224 m

Регистрирањето на сеизмичките потреси е вршено на 7 (седум) мерни места (ММ-1, ММ-2, ММ-3, ММ-4.....) со седум инструменти Вибралок кои беа лоцирани на соодветни места по копот и на соодветниот објект - примарно дробење во близина на минската серија.

Планот на минската серија и распоредот на минските дупкотини е даден на сликата 2. Добиените снимки на инструментите по извршеното минирање и регистрираните брзини на осцилации на тлото се прикажани во прилог на оваа магистерска работа (7 слики).

Брзината на осцилирање на тлото е добиена врз основа на пресметаните максимални вредности на брзините на осцилации на честичките на тлото (V_{max}), растојанието од местото на минирање до местото на лоцираниот инструмент за мерење (r) , и количината на експлозивот која е употребена во минската серија.



Слика 2. План на минската серија со распоред на дупчотините

Во табелата 2 претставени се измерените вредности на брзините на осцилирање, стварната брзина на осцилирање на тлото, фреквенцијата по компоненти и параметри кои се од значење за пресметка на законот за осцилирање на тлото, како што се растојанијата до мерното место, количина на експлозив по еден интервал и вкупната количина на експлозив.

Според добиените измерени резултати на ММ -1 имаме брзина на осцилации од 34,8 mm/s што значи дека ако објектот е на оваа растојание каде што е ММ-1, би бил со VI степен оштетувања (според табелата 3.1 на ИФЗА од 30 до

60 mm/s) т.е. би имало фини прслини во малтерот, оштетувања на места кои веќе од порано имале почетни деформации во бетонот и преградните сидови. Според овој критериум дозволената брзина на осцилации на тлото НЕ ЗАДОВОЛУВА и е над границите на дозволените вредности. За овој тип на објекти, на растојание од местото на минирање (ММ -1) , дозволената брзина на осцилации на тлото изнесува 20mm/s.

Според критериумот ДИН (Германија), објектот е во втората категорија и појавените брзини на осцилации на тлото за оваа мерно место ММ-1 НЕ ЗАДОВОЛУВААТ и се над границите на дозволените вредности.

Според Руските норми за процена на штети објектот е класифициран во прва класа на објекти во кои се сместени машини и постројки со поголеми димензии и тежина, контролно - мерни уреди и со присутни статички и динамички удари. Според овој критериум во однос на ММ -1, брзината на осцилации и фреквенцијата на мерното место, НЕ ЗАДОВОЛУВА и овие измерени величини се над дозволените. Според овие стандарди максимално дозволената брзина на осцилации во било кој правец не треба да изнесува повеќе од 1 mm/s. Во овој случај измерени се max 27,66mm/s и min 8,4mm/s.

3.2. Пресметки на сигурносните растојанија

Врз основа на аналитичкиот израз на законот на брзина на осцилирање на честичките на тлото можеме да го одредиме сигурносното растојание на било кој објект, од било која класа и на било кое растојание во зависност од количината на експлозив која ќе биде употребена за одредена минска серија.

Во случај за заштита на објект кој е лоциран во непосредна близина на површинскиот коп може да се одреди сигурносното растојание при кое не би требало (сигурност да се каже) да има било какви деформации во фундаментите, АБ - конструкција, оштетувања на сидовите или деформирање на вградените елементи.

Според критериумите за оценка на ефектите при минирање повторно се усвојува максимална брзина на осцилациите од $V_{\max} = 0,8110 \text{ cm/s}$ која брзина ги одразува ефектите при минирање добиени според IV степен на сеизмичката скала. Ако интензитетот на потресот или брзината на осцилации ги надмине вредностите од овој степен најверојатно ќе се случи оштетување на соодветниот објект.

Безбедносните растојанија при изведување на минирање се добиваат според следната методологија на пресметки имајќи го предвид повторно добиениот аналитички израз за законот на осцилирање на тлото за условите на овој површински коп.

Сигурносно - безбедно растојание r се добива за максимална брзина на осцилации од $V_{\max} = 0,8110 \text{ cm/s}$, (ММ - 3) при што редуцираното растојание изнесува $R = 14,52\text{m}$ и може да се одреди според релациите:

$$Q = r^3 \cdot R_i^{-3} = r^3 \cdot 14,52^{-3} \Rightarrow r$$

$$r = 14,52 \cdot \sqrt[3]{Q} , \quad (\text{m}) \quad (1)$$

Табела 2. Регистрирани вредности по компоненти и по мерни места за V_{\max} , редуцирани растојанија R и оценка на резултатите од мерењето во однос на објект - примарно дробење

Minska serija	Merno mesto, MM / kota на terenot	Rastojanie од minskata serija do mernoto mesto, m	Максимална брзина на осцилирање по компоненти, mm/s			Резултантна максимална брзина на осцилирање, mm/s	Пресметано редуцирано растојание, $R = r/\sqrt[3]{Q}$, m	Оценка на резултатите од мерењата во однос на ПРИМАРНО ДРОБЕЊЕ		
			V_V	V_L	V_T			Според ИФЗА (Русија)	Според ДИН (Германија)	Според Руски норми
S-35	MM-1/ 659,43	95	27,666	19,375	8,414	34,809	5,63	VI (B)	D	F
	MM-2/ 660,42	165	10,067	12,233	9,465	18,455	9,78	V (B)	D	F
	MM-3/ 659,71	245	5,026	5,576	3,070	8,110	14,52	IV (B)	C	E
	MM-4/ 659,30	297	2,778	2,403	2,088	4,225	17,6	III ((A)	C	E
	MM-5/ 658,88	452	1,178	1,956	2,277	3,224	26,80	II (A)	C	E
	MM-6/ 641,05	637	0,539	1,251	1,230	1,835	37,76	I (A)	C	E
	MM-7/ 640,25	665	0,503	0,709	1,244	1,517	39,42	I (A)	C	E

A, C, E - задоволува според критериумите, B, D, F - не задоволува според критериумите

Според оваа релација направена е табела бр.3 каде за различни вредности на употребената количина на експлозив (Q) за одредена минска серија се добиваат соодветните безбедносни - сигурни растојанија за одреден објект од соодветна класа и максимално дозволена брзина на осцилациите на тлото од **0,8 - 1,5 cm/s**.

Табела 3. Безбедносни растојанија на површинскиот коп во однос на употребената количина на експлозив

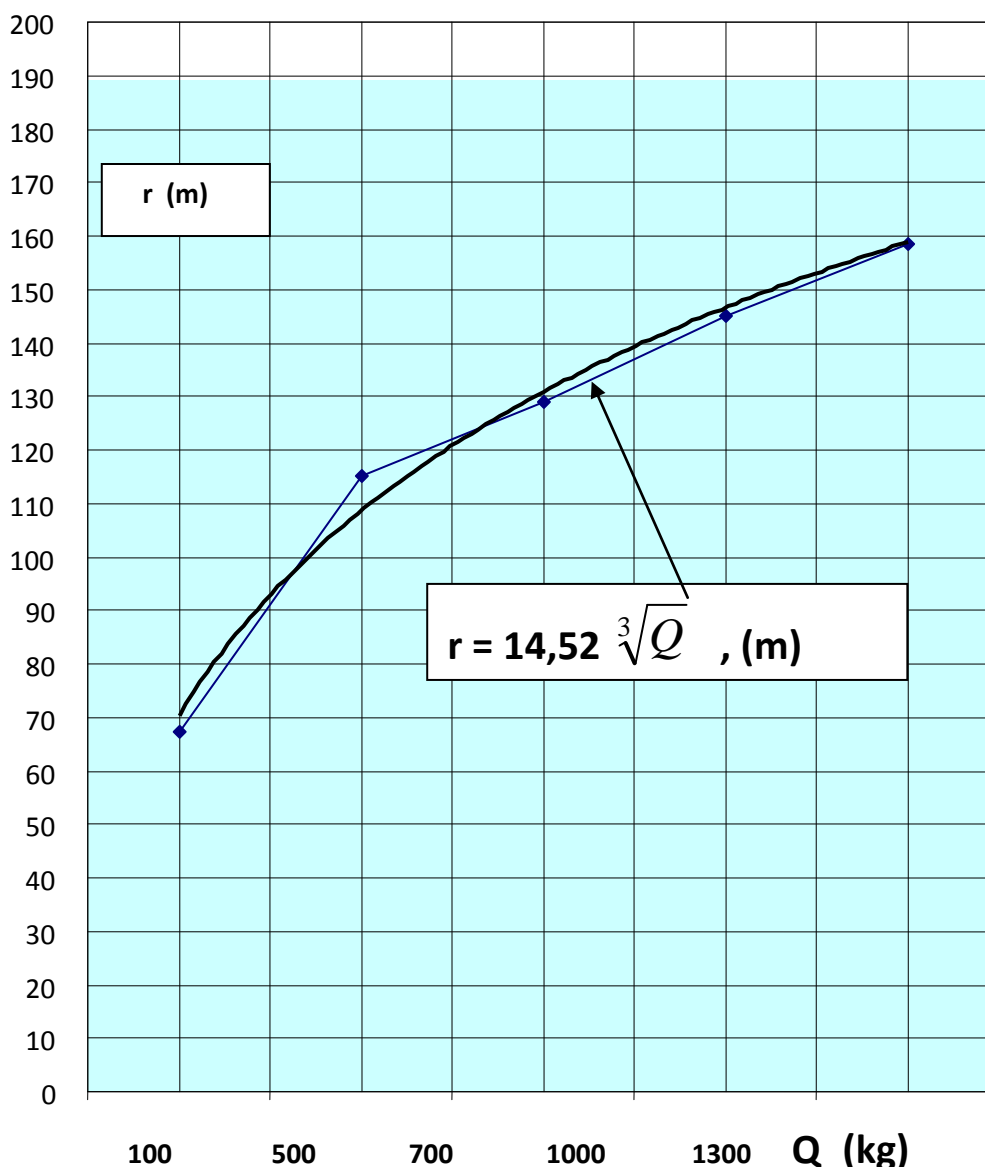
Реден број на мерно место (локација на ПК)	Вкупна количина на експлозив, Q (kg)	Безбедно растојание од местото на минирање до објект, r (m)
1	100	67
2	200	85
3	400	107
4	600	122
5	800	135
6	1000	145
7	1500	166
8	2000	183
9	3000	208
10	4000	230
11	4500	240
12	5000	248
13	6000	264
14	8000	290

Од табелата 3 може да се прочита следното: за позиција **6** при употребена количина на експлозив од **1000 kg** безбедносното растојание според критериумите за штети при минирањата изнесува **145** метри, што значи ако на оваа локација има поставено објект од класата како примарно дробење, на истиот не би требало да има никакви оштетувања.

Од позицијата **11** може да се заклучи дека при минирање на серија со количина на експлозив од **4500 kg**, (колку што изнесува експлозивот на анализираната минска серија) сигурносното растојание на објект од типот на примарно дробење ќе изнесува **240** метри. Ако објектот е на помало растојание би имало појава на оштетувања од различен степен и вид.

Врз основа на табелата број 3 и условот кој е даден во равенката (3), за заштита на градежни објекти од сеизмичко, конечно може да се одреди крива на безбедносното растојание (**r**), чиј графички приказ е даден на сликата 3.

Врз основа на оваа крива на зависност, практично може да се одреди максималната количина на експлозив која може да се активира едновременно на дадено растојание од соодветниот објект на заштита а да притоа брзината на осцилирање на тлото да биде помала од граничната дозволена брзина на осцилирање на тлото (**V_{doz}**).



Слика 3. Графичи приказ на зависноста на сигурносното растојание за одредени градежни објекти во однос на употребената количина на експлозив

На овој начин преку оваа методологија се одредува безбедносното растојание за сите и секаков тип градежни објекти во копот и околината кои се наоѓаат на растојание еднакво или поголемо од отчитаното од графикот, и истите ќе бидат потполно безбедни од влијанието на сеизмичките потреси предизвикани од минирањата.

4. ЗАКЛУЧОК

Во рамките на предметот на овој труд користени се претходно добиени параметри и испитувања од сеизмички аспект од истиот површински коп и користени се класични форми на анализа и претставување на резултатите преку аналитичко и графички прикази.

Од извршените мерења и направените анализи добиени се повеќе функционални зависимости во поглед на критериумите за минирање.

- брзината на осцилации на тлото и редуцираното растојание, (**V - R**)

$$V = 26,789 R^{-1,335}, \quad (\text{cm/s})$$

- максимално дозволени количини на експлозив во однос на растојание до објектите, (**Q - r**)

$$Q = 0,000327 \cdot r^3, \quad (\text{kg})$$

- безбедносни растојанија во однос на употребена количина на експлозив во минска серија (**r - Q**).

$$r = 14,52 \cdot \sqrt[3]{Q}, \quad (\text{m})$$

Врз основа на овие дефинирани зависимости конструирани се криви од кои практично може директно да се отчитуваат споменатите параметри.

Овие практични и научни истражувања изведени комбинирано и директно на терен, може да се заклучи дека при изведување на масовни минирања на било кој површински коп, со примена на законот за осцилирање на тлото, и примената на добиените меѓузависности и корелации, практично се овозможува да при експлоатацијата и изведувањето на масовните минирања намалат негативните ефекти пред се од аспект на сеизмички влијанија.

На овој начин може да се зголеми ефикасноста при експлоатацијата, да се заштитат околните објетки од овие влијанија и пред се да се предвиди и предходно обезбеди сигурност на сите околни објекти во поглед на дејството на сеизмичките и ударните бранови предизвикани при минирањата.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дамбов Р., (2011), Методи на минирање, Учебник, УГД, ФПТН, Институт за рударство, Штип.
- [2] Дамбов И., (2011), Анализа на критериумите за оценка на потреси и безбедносни растојанија при минирање, Магистерска работа, УГД, ФПТН, Штип
- [3] Dyno Explosives Group, (2000), Product catalogue, Gytorp, Nora Sweden.
- [4] Olofsson O. S., (1990), Applied explosives technology for construction and mining, monographic book, APPLEX, ÄRLA, Sweden.
- [5] Trajković, S., Šandor S., Lutovac, S., (2005), Tehnika miniranja i potresi, univerzitetski udžbenik, Rudarsko – geološki fakultet, Beograd, Srbija.
- [6] Krsmanović, I., (1972), Odredjivanje sigurnosnih rastojanja pri rusenju, Vojno – tehnicki glasnik br.2, Beograd (strana 128-135)
- [7] Konya C. J., Walter E. J., (1991), Rock blasting and Overbreak Control, PBS, National Highway Institute, Montville, Ohio, Usa.
- [15] Konya J. C., (1995), Blast Design, PBS, Montville, Ohio, Usa.